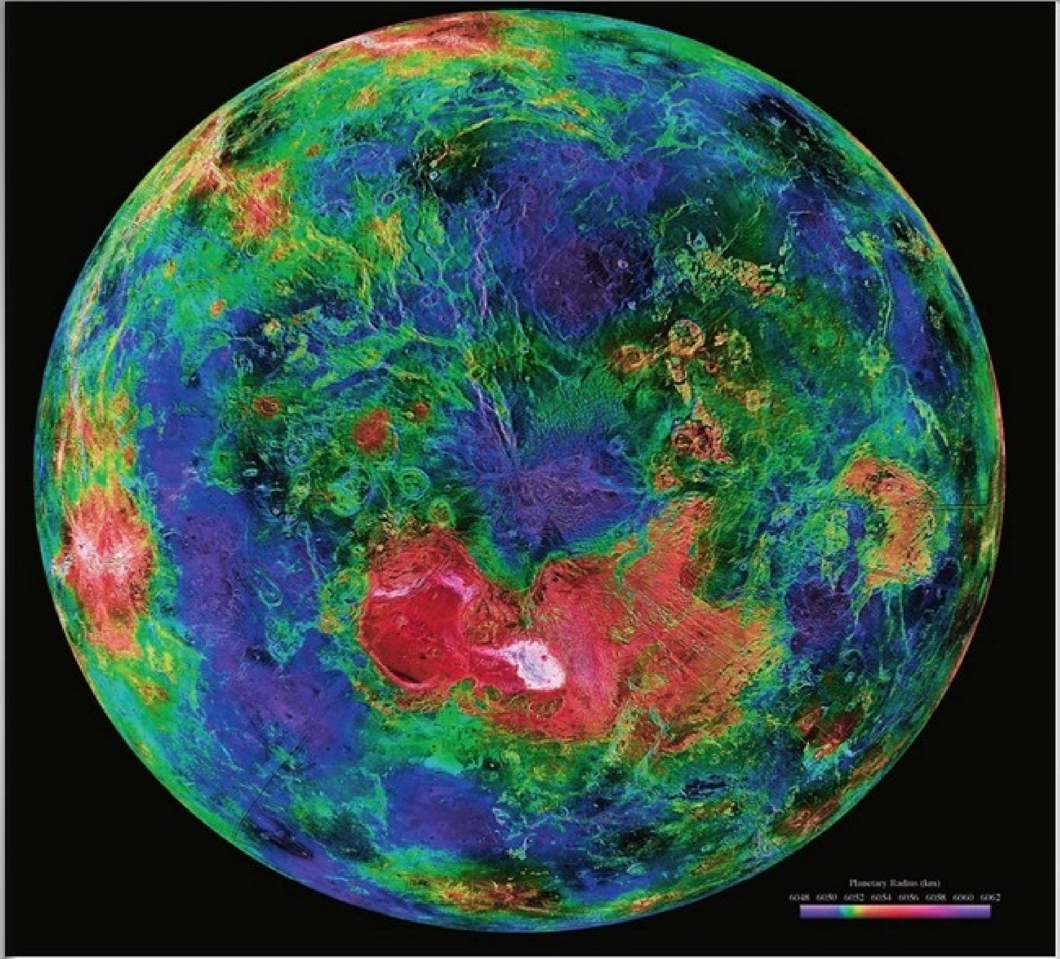


НАУКА И ЖИЗНЬ

ISSN:1683-9528

7

2023

● Идея о связи между землетрясениями и космическим излучением отнюдь не парадоксальна ● О перспективах квантовых компьютеров — ещё и ещё раз! ● Говорим ли мы на том же языке, на котором пишем? ● Осторожно: вселенцы! В отсутствии природных врагов они будут неминуемо всё больше распространяться…

Источник: IFJ PAN/NASA/JSC

◄ *Надвигающиеся землетрясения можно «увидеть» благодаря космосу — не в буквальном смысле, как это показывает коллаж, сделанный на основе известного снимка Земли с поверхности Луны, но всё же достаточно отчётливо — по изменениям регистрируемой на поверхности Земли интенсивности космических лучей.*

КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ ПРЕДУПРЕДЯТ О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Землетрясения пока остаются силой природы, неподвластной человеку. Сильные подземные толчки могут приводить к многочисленным человеческим жертвам и огромным разрушениям, что в очередной раз показали произошедшие 6 февраля 2023 года землетрясения в Турции, затронувшие также Сирию. Масштабы трагедии можно было бы значительно уменьшить, если бы мы имели возможность предсказать время и место подобных катастрофических событий. Однако, несмотря на ведущиеся во всём мире с 1960-х годов работы по краткосрочному прогнозированию землетрясений, учёные всё ещё далеки от надёжного решения подобной задачи.

Методы прогнозирования землетрясений основаны на регистрации так называемых физических предвестников, которые представляют собой различные аномалии геофизических полей, синоптических и ионосферных параметров, потоков частиц и газов. Вопрос в том, какие из этих факторов действительно предвестники, а какие — нет и что из них лучше и надёжнее? Подобные работы широко ведутся и в нашей стране в геофизических лабораториях ИКИ РАН, ИЗМИРАН, Иркутского государственного университета и других научных организаций. Так, в 2000 году учёные Санкт-Петербургского государственного университета, проводившие под руководством известного геофизика Михаила Ивановича Пудовкина (1933—2004) изучение изменений различных процессов в связи с возникновением сильных землетрясений, пришли к неожиданному выводу, что в качестве одного из предвестников землетрясений можно рассматривать вариации регистрируемых потоков... космических лучей.

Однако долгое время к данному вопросу никто больше не возвращался и широкомасштабного изучения не проводил. Проверить эту гипотезу взялась команда проекта CREDO, инициированного в 2016 году Институтом ядерной физики Польской академии наук (IFJ PAN) в Кракове. Источником вдохновения для проведения исследований его участники назвали интересные результаты измерений различных физических параметров после разрушительного землетрясения магнитудой 8,8 в Чили в 2010 году.

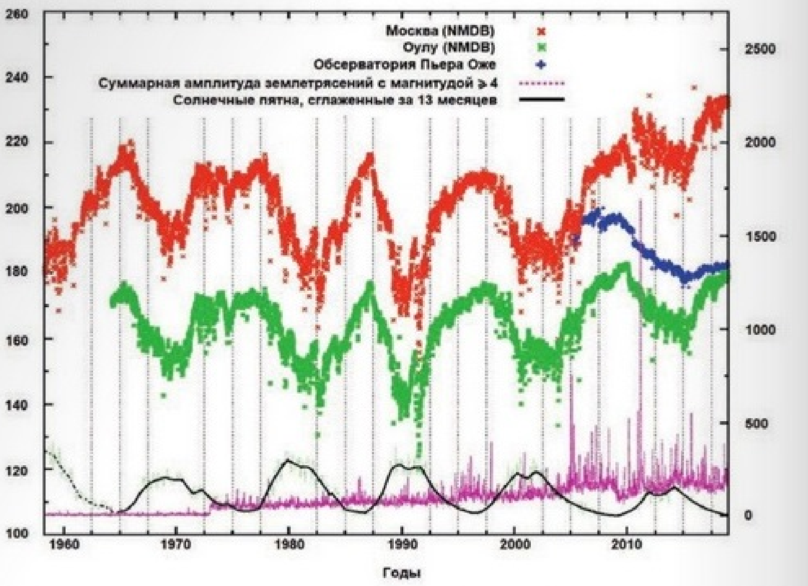
Исследователи проанализировали независимые данные по интенсивности космических лучей с двух станций проекта Neutron Monitor Database (NMDB — База данных нейтронных мониторов), одна из которых находится в подмосковном Троицке (ИЗМИРАН, Россия), а вторая в Оулу (университет Оулу, Финляндия), и международной обсерватории Пьера Оже (Аргентина). Выбор обсерваторий был обусловлен тем, что они расположены по обе стороны от экватора и используют разные методы обнаружения. Информация о сейсмической активности Земли была получена из Геологической службы США.

Используя несколько статистических методов, исследователи надёжно установили чёткую корреляцию (статистическую связь) между глобальной сейсмической активностью — суммарной магнитудой всех землетрясений с магнитудой больше или равной 4 — и изменениями интенсивности вторичного космического излучения, регистрируемыми на поверхности нашей планеты. Более того, они обнаружили несколько удивительных свойств этой связи, не поддающихся пока однозначной физической интерпретации. Свои открытия исследователи описали в статье, опубликованной в июне 2023 года в «Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics». Среди авторов статьи научный руководитель НИИ прикладной физики Иркутского государственного университета Николай Михайлович Буднев, занимавшийся ранее вопросом предсказания землетрясений на основе Байкальского нейтринного эксперимента.

Важно отметить, что обнаруженная корреляция становится заметной, когда данные о космических лучах сдвинуты примерно на 15 дней вперёд относительно сейсмических данных. Значит, изменения интенсивности космических лучей наблюдаются за 15 дней до сильных землетрясений, что допускает потенциальную возможность заблаговременного предсказания землетрясений.

В научном мире принято считать, что открытие сделано, когда уровень статисти-

Международный проект CREDO (Cosmic Ray Extremely Distributed Observatory — Чрезвычайно распределённая обсерватория космических лучей) — открытая для всех виртуальная обсерватория, которая собирает и обрабатывает данные по космическим лучам не только со сложных научных детекторов, но и с большого количества более мелких детекторов, среди которых преобладают КМОП-сенсоры в смартфонах, чьи владельцы участвуют в проекте. Чтобы превратить смартфон в детектор космических лучей, любой желающий может установить бесплатное приложение CREDO Detector. Оно фиксирует яркие пиксели на ПЗС-матрице телефона, возникающие из-за воздействия прилетающих частиц высокой энергии при закрытой камере. Эта информация вместе со временем и координатами места, полученными с помощью GPS, отправляется на сервер для обработки. Основная задача проекта — отслеживание глобальных изменений потока вторичного космического излучения, достигающего поверхности нашей планеты, и протяжённых явлений, связанных с космическими лучами.



Наборы данных, проанализированные в исследовании. Данные станций NMDB, расположенных в Москве (Троицке) и Оулу, а также обсерватории Пьера Оже соответствуют левой вертикальной оси. Чтобы графики было лучше видно, московские значения умножены на 0,9, а финские — на 1,6. Суммарная магнитуда землетрясений с магнитудой ⩾ 4 и число солнечных пятен отложены на правой вертикальной оси. Точки в данных о землетрясениях и космических лучах соответствуют значениям, усреднённым за предыдущие 5 дней. Солнечная активность представлена среднемесячными значениями, сглаженными за период 13 месяцев. По горизонтали указаны годы наблюдений.

Иллюстрация (с изменениями) из статьи: Homola P., Marchenko V. et al. Observation of large scale precursor correlations between cosmic rays and earthquakes with a periodicity similar to the solar cycle. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 2023, 247, 106068.

ческой достоверности результата достигает пяти сигм (стандартных отклонений). Для наблюдаемой корреляции исследователи получили более шести сигм, что означает вероятность её случайности менее одного события на миллиард. Так что у них есть основание утверждать об открытии действительно существующего явления.

На первый взгляд, может показаться странной сама идея о том, что существует связь между землетрясениями и космическим излучением, в своей первичной форме достигающим нас в основном от Солнца и дальнего космоса. Однако у неё есть прозрачное физическое обоснование. По современным представлениям, за генерацию магнитного поля Земли ответственен механизм так называемого планетарного динамо, основанный на возникновении вихревых токов в жидком ядре нашей планеты (см.: М. Решетняк. «Геомагнитное поле — ключ к пониманию процессов в недрах Земли» — «Наука и жизнь» № 6, 2023 г.). Движения масс внутри Земли способны не только привести к землетрясениям, но и повлиять на процессы динамо, вызывая изменения геомагнитного поля. Распространяясь с большой скоростью, они, вероятно, будут наблюдаться на поверхности планеты раньше, чем соответствующая сейсмическая активность. Обнаружение такого предвестника как раз и может быть осуществлено регистрацией изменения интенсивности вторичного космического излучения, очень чувствительного к геомагнитным условиям.

Вторичными космическими лучами называют большое количество различных частиц — пионов, протонов, нейтронов, мюонов, электронов, позитронов и фотонов, которые рождаются в результате взаимодействия первичных космических лучей (в основном высокоэнергичных протонов) с ядрами атомов атмосферы. Магнитное поле отклоняет движущиеся заряженные частицы, поэтому его изменение, благодаря сильным землетрясениям, влияет на траектории частиц первичного космического излучения. В результате наземные детекторы видят изменение количества обнаруженных частиц вторичных космических лучей.

Проведённое исследование обнаружило связь измеренной интенсивности космических лучей с сейсмической активностью всей планеты в целом. Предсказать время и место конкретного землетрясения данным методом пока не представляется возможным. Дело в том, что определяющие явление физические процессы происходят на очень большой глубине, а потому на земной поверхности они проявляются глобально, а не локально. Впрочем, авторы работы не теряют оптимизма. Они полагают, что на данном этапе исследований главное — продемонстрировать саму связь между космическим излучением, регистрируемым на поверхности нашей планеты, и её сейсмичностью, а дальнейшие исследования, возможно, позволят разработать методы прогнозирования конкретных землетрясений.

Главным сюрпризом исследования стала периодичность корреляции с периодом 10—11 лет, аналогичная циклу солнечной активности. Однако максимум корреляции совершенно не совпадает с наибольшей активностью нашей звезды. Кроме того, исследователи обнаружили и другие периодичности неизвестной природы как в космических лучах, так и в сейсмических данных. Например, соответствующие звёздным суткам Земли (примерно 23 часа 56 минут). Отсутствие классических объяснений наблюдаемых периодичностей даже привело авторов работы к экзотическим гипотезам о внеземных факторах, одновременно производящих радиационные и сейсмические эффекты. Одним из них, по мнению исследователей, может быть прохождение Земли через поток тёмной материи, модулируемый Солнцем и другими массивными телами в нашей планетной системе.

Авторы работы полагают, что близость периодов изменений космосейсмической корреляции и солнечной активности может быть связана с ещё неизвестными солнечно-земными связями (например магнитного или гравитационного происхождения), а данное исследование станет отправной точкой для их будущего поиска. Кроме того, они предлагают провести коллективные и хорошо скоординированные междисциплинарные исследования корреляции различных известных предвестников или кандидатов в них (эманация радона, изменение плотности частиц в ионосфере и др.). Интересно также их предложение использовать тильтметры (поверхностные наклономеры — датчики, применяемые для мониторинга наклона сооружений) для получения информации о гравитационных изменениях, которые предшествуют сейсмическим явлениям.

Кандидат физико-математических наук
Алексей ПОНЯТОВ.

«Наука и жизнь»
о прогнозах землетрясений:

Боков В. **Когда содрогнётся Земля? Краткосрочные прогнозы землетрясений.** — 2011, № 9.

Гальпер А., Воронов С., Колдашов С. **Космос и землетрясения.** —1993, № 9.

Кислов К., Гравиров В. **Оптические кабели на службе у сейсмологов: технология DAS.** — 2022, № 12.

Короновский Н., Наймарк А. **Землетрясение: возможен ли прогноз?** — 2013, № 3.

Остапчук А. **Можно ли приручить землетрясение?** — 2023, № 4.

Парафонова В. **Лазер предскажет землетрясение.** — 2004, № 4.

Родкин М. **Прогноз землетрясений: крушение надежд?** (фрагмент главы из книги: «Катастрофы и цивилизации. Проблема выживания цивилизаций глазами физика») — 2017, № 2.

Садовский М., Галкин И. **Пути к прогнозу землетрясений.** — 1986, № 7.

Тихоцкий С. **Геофизика: новые задачи и возможности.** — 2023, № 1.